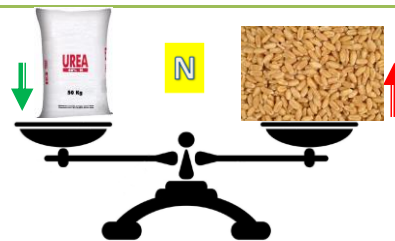


Balance de nitrógeno en sistemas con diferente labranza

Juan A. Galantini, Matías Duval, Julio Iglesias y Juan M. Martínez

Las labranzas alteran la distribución de la materia orgánica y sus nutrientes, a la vez que modifica la estructura, la densidad aparente, la distribución del espacio poroso y la dinámica del agua. En el largo plazo, pueden afectar la disponibilidad de nutrientes, la productividad del cultivo y la sustentabilidad del sistema. El objetivo fue evaluar estos cambios luego de 25 años con diferentes labranzas.



Las labranzas alteran la distribución de la materia orgánica (MO) y sus nutrientes, a la vez que modifica la estructura, la densidad aparente y la distribución del espacio poroso, con consecuencias directas sobre la dinámica del agua. En el largo plazo, pueden afectar la disponibilidad de nutrientes, la productividad del cultivo y la sustentabilidad del sistema. Debido a la expansión de la siembra directa (SD) y a la escasez de estudios de largo plazo se planteó como objetivo evaluar los cambios a largo plazo en las diferentes formas en que se encuentra el nitrógeno en el suelo y su efecto sobre el cultivo en SD y labranza convencional (LC). En ambos sistemas de labranza se observó una tendencia decreciente con el tiempo del contenido de N total del suelo, menos marcada en SD que en LC. El contenido de N total fue mayor en SD ($3,98 \text{ Mg ha}^{-1}$) que en LC ($3,33 \text{ Mg ha}^{-1}$). Esta pérdida se observó principalmente en los 0-5 cm y en el N de la materia orgánica particulada fina y la humificada, representa una pérdida anual promedio (25 años) de $34,2 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ y menor disponibilidad de N para el trigo. La mayor pérdida de N en LC compromete la sustentabilidad de estos sistemas productivos de esta región.

El ciclo del N en los sistemas productivos

La mayoría de los diagramas del ciclo del N en el sistema productivo incluyen compartimentos y flujos similares, los que esquemáticamente se presentan en la Figura 1a.

Los compartimentos más importantes son el aire, que con un 78% representa un depósito de importante de N, y la materia orgánica del suelo. En menor cantidad y mucho más dinámicos en el tiempo son las formas inorgánicas (amonio y nitratos), el N de la biomasa microbiana, el N de los aportes orgánicos y el N en la biomasa.

Si bien el N del aire no puede ser usado directamente por la mayoría de los seres vivos, puede ingresar al sistema (vía orgánica) gracias a las bacterias fijadoras, tanto libres como

simbióticas, o incorporado en menor medida con las lluvias durante las tormentas (vía inorgánica).

En el suelo, la materia orgánica representa la reserva más importante de N, ya que contiene más del 90% del total. En este caso, tampoco está disponible directamente para los cultivos, sino debe ser mineralizado para poder ser utilizado. Durante la descomposición de la materia orgánica parte de su nitrógeno se irá liberando en forma de amonio y nitratos por la biomasa microbiana, utilizándolo para formar sus proteínas y liberándolo para que quede disponible para plantas.

Los nitratos representan la forma en que más fácilmente es utilizado por la planta, pero también la forma más dinámica que puede ser transportado por el agua hacia capa profundas lejos del alcance de las raíces (lixiviado). En este sentido, la coincidencia o no entre la disponibilidad de nitratos y la necesidad de las plantas puede dar resultados totalmente diferentes, generar una alta productividad o un elevado potencial de pérdida de nitrógeno.

Una buena disponibilidad de N tiene un efecto altamente significativo sobre el crecimiento de las plantas, aumentando la biomasa producida y su contenido proteico. Todo este material, en los sistemas naturales, o la parte no cosechada, en los sistemas productivos, volverá al suelo para incorporarse en su materia orgánica. De esta forma se reinicia el ciclo. Es decir, el nitrógeno acompañará al carbono en su ciclo, liberándose durante el proceso de descomposición de la materia orgánica (salidas) e incorporándose al finalizar el ciclo de los cultivos (entradas).

Los componentes más importantes fuera del sistema productivo (no manejables) son el aire y el agua de las napas. Dentro del sistema, el N de la materia orgánica del suelo es la mayor reserva, en la biomasa vegetal (y animal en algunos casos) y la biomasa microbiana, además de una pequeña cantidad se encuentra en forma inorgánica, sea el nitrato o el amonio representan menos del 5% del total del suelo.

Dentro de los flujos, las salidas de N del sistema son vía la proteína en los granos cosechados, pérdidas gaseosas, pérdidas sólidas por erosión del suelo, o pérdidas líquidas por la solubilización y drenaje profundo de los nitratos. Los flujos de entrada de N serán por el aporte de los fertilizantes, el aporte de abonos orgánicos, excretas de animales o fijación biológica, principalmente por las leguminosas, además de una pequeña cantidad incorporada con las lluvias.

En los sistemas agrícolas del SO bonaerense, con valores de precipitación bajos, predominio de gramíneas en la rotación, sin presencia de animales, el ciclo se puede simplificar. Además,

si consideramos que no toda la materia orgánica es uniforme, que se pueden identificar fracciones con características muy diferentes en cuanto a su aporte de N, podemos plantear un ciclo más ajustado a estos sistemas (Figura 1b).

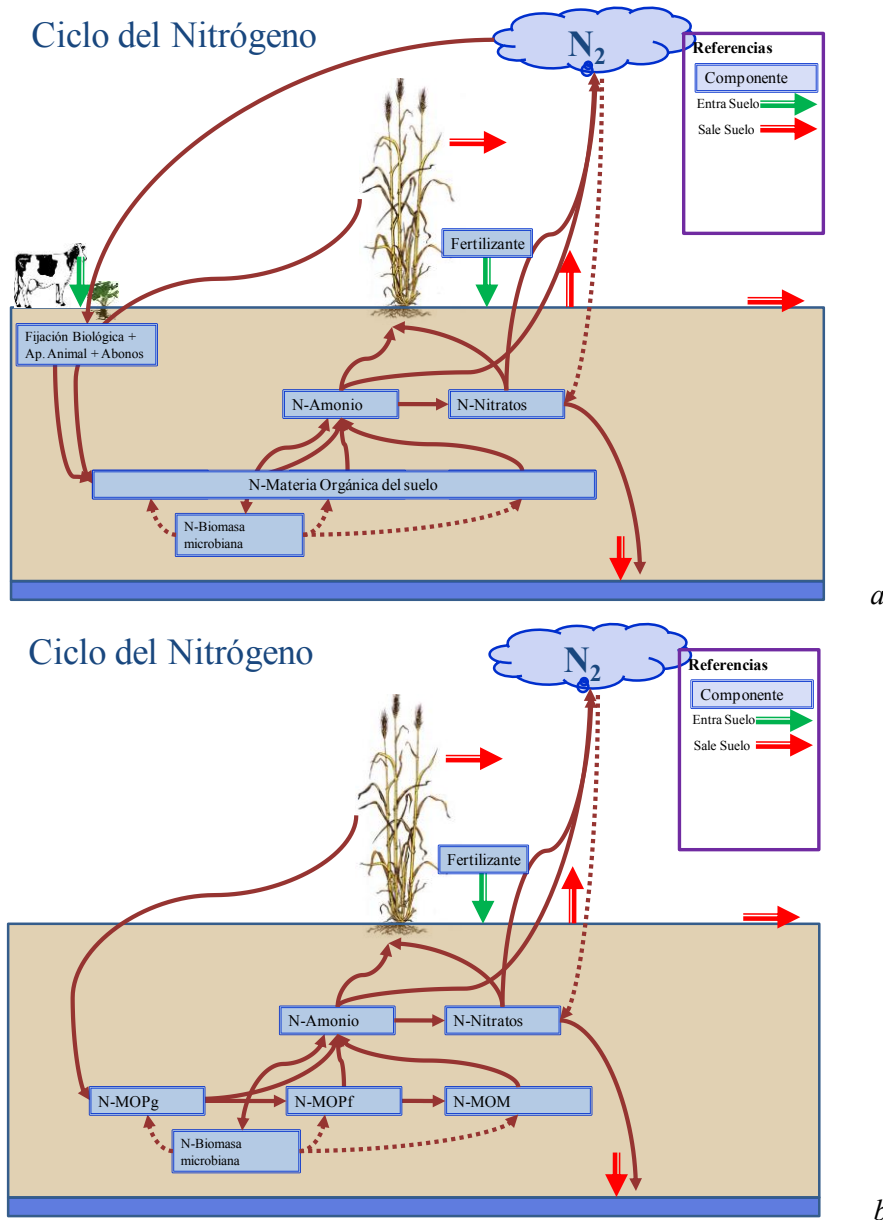


Figura 1. Ciclo del nitrógeno a) Considerando producción animal e inclusión de leguminosas y b) esquema simplificado para sistemas agrícolas del SO bonaerense.

En este esquema, se observa que solo una pequeña parte del nitrógeno que toma la planta volverá al suelo, por lo que el balance fácilmente puede ser negativo con una paulatina pérdida de la fertilidad potencial. Las estrategias para evitar este balance negativo se basan en:

aumentar los aportes, a través de la fertilización y la incorporación de leguminosas en la rotación, y

disminuir las pérdidas, evitar los barbechos extremadamente largos, donde predomina la mineralización de los materiales orgánicos con acumulan nitratos fácilmente lixiviados en periodos lluviosos.

Se puede asumir que un porcentaje de la materia orgánica del suelo se descompone anualmente y estimar así el N disponible. Sin embargo, como se mencionó, cada fracción orgánica tiene tamaño y dinámica diferentes, por lo que su aporte de N será muy distinto entre ellas. Las fracciones más resistentes tienen mucho más N pero su dinámica es más lenta, es decir, tardará mucho más tiempo en estar disponible para los cultivos. Por otro lado, las fracciones lábiles tienen menos N pero más rápidamente puede estar disponible, representando un aporte mayor que el de las fracciones resistentes.

Analizando el aporte de N de las distintas fracciones, Galantini et al. (1992) observaron que sistemas productivos contrastantes, tenían semejantes contenidos de materia orgánica pero con diferencias en la proporción de la fracción lábil y la resistente. Las significativas diferencias en el rendimiento en la producción de grano y en el N contenido en la materia seca eran explicadas por esta diferencia en la calidad.

El mejor conocimiento de la dinámica de las fracciones orgánicas y la disponibilidad de N, junto con aplicación de fertilizantes adecuados, llevan a niveles de producción más altos. Esto significa obtener un mayor requerimiento y generar una mayor exportación de todos los nutrientes, aspecto que requiere mejorar el manejo de la nutrición del cultivo (Galantini et al., 2000). El ensayo de sistemas de labranza “Monumento Histórico” de Hogar Funke mostró como la siembra directa aumentó el promedio de N en la biomasa del trigo, aumentó el reciclado y también aumentó la exportación (Tabla 1). El N en grano pasó de 35 a 41 kg ha⁻¹ año⁻¹ (mejora del rendimiento y/o calidad) dando un balance más negativo, de perder 16 kg (LC) pasó a perder 19 kg ha⁻¹ año⁻¹. Cualquier aumento en el nivel de producción debe estar acompañado de un aumento en los aportes, de otra forma, al ser el sistema más dinámico, rápidamente comenzará a disminuir la reserva natural de N, como del resto de los nutrientes, de ese suelo (Galantini et al., 2000).

Tabla 1. Balance de N en siembra directa (SD) y labranza convencional, promedio anual en el período 1986-2012.

N (kg ha ⁻¹)	SD	LC	Dif.
Grano	41	35	+6
Paja	22	19	+3
Materia Seca	63	53	+10
Fertilizante	22	22	
Balance	-19	-16	

El N en las fracciones orgánicas del suelo (Tabla 2) mostró cambios entre sistemas de labranza y entre fracciones. Las fracciones más lábiles, las más dinámicas y rápidamente transformadas a N disponible, se encuentran en menor cantidad. La fracción más resistente, materia orgánica asociada a la fracción mineral o humificada, contiene la mayor parte del N del suelo, pero su pasaje a N disponible será muy pero muy lento. La estabilidad de esta fracción hace que los cambios debidos al sistema de labranza sean menores (15%), mientras que el N-MOPf se pierde el 44% en LC.

El N-MOPg que es la fracción más dinámica, no mostró cambios, seguramente por la mayor humedad en SD que brinda mejores condiciones para una rápida descomposición, mientras que en LC predomina una condición de suelo desnudo y más seco, limitando la actividad biológica.

Tabla 2. Contenido de N en las fracciones orgánicas de un suelo en siembra directa (SD) y labranza convencional (LC). “Monumento Histórico” de Hogar Funke.

	SD	LC	Dif.	Cambio
N-MOPg (kg ha ⁻¹)	128	145	+17	0,7 kg N ha ⁻¹
N-MOPf (kg ha ⁻¹)	777	429	-348	- 13,9 kg N ha ⁻¹
N-MOM (kg ha ⁻¹)	3435	2908	-527	- 21,1 kg N ha ⁻¹
N total (kg ha ⁻¹)	4340	3483	-857	- 34,3 kg N ha ⁻¹

Poniendo esta información en la Figura 1b, tenemos representado la magnitud de los compartimentos y flujos más importantes del ciclo del N en SD (Figura 2). En el caso de las formas disponibles, son extremadamente variables dependiendo de la presencia de cultivo, la temperatura, la humedad, las precipitaciones, etc. En el caso de las pérdidas, su cuantificación

es más difícil y seguramente también tendrán una alta variabilidad asociada a las condiciones meteorológicas.

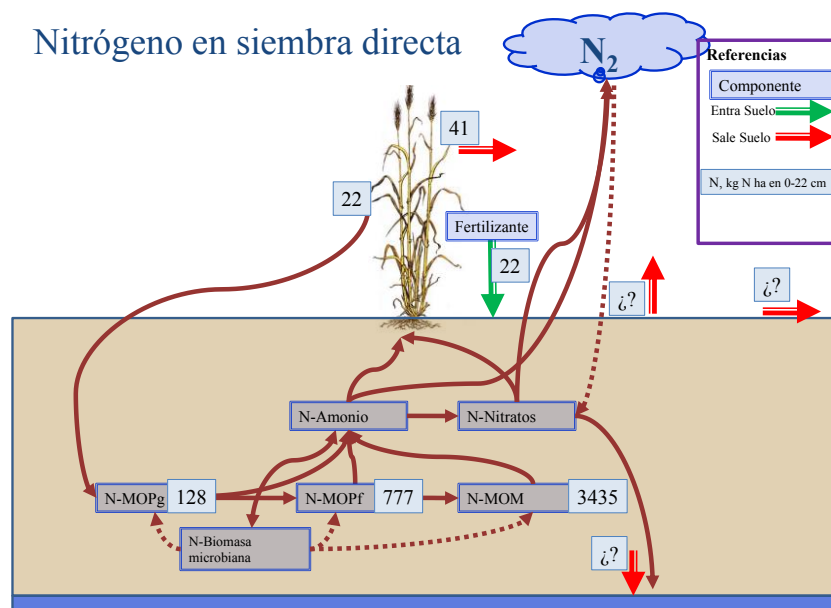


Figura 2. Esquema simplificado del ciclo del nitrógeno para siembra directa en el “Monumento Histórico” de Hogar Funke. Contenido (kg ha⁻¹) o flujo (kg ha⁻¹ año⁻¹) de N.

Consideraciones finales

La parte más importante del balance de N en el sistema productivo es conocer las entradas y salidas. Asumiendo que el mejor de los manejos reduce al mínimo las diferentes formas de pérdida, las salidas a través de las cosechas y las entradas por fertilización (o leguminosas) deberían estar equilibrada para no generar un balance negativo.

El primer paso, simple y al alcance de todos, es **calcular ese balance** a partir de los rendimientos y la proteína, así como la fertilización realizada. Que el balance sea más o menos negativo, dependerá de aspectos productivos, meteorológicos, económicos, coyunturales, entre otros, pero el valor se debe conocer para saber hacia dónde va el sistema. Para que el N del fertilizante sea utilizado más eficientemente, sin que se pierda por los flujos de salida, es importante conocer **la cantidad y disponibilidad del N**, sea por las fracciones orgánicas o por su labilidad.

Finalmente, teniendo en cuenta la necesidad de N del cultivo y el potencial aporte del suelo, se debe considerar la **dinámica del sistema**, buscando una fertilización en tiempo y forma para maximizar la eficiencia de uso del N.

La fertilización ineficiente representa una pérdida de rendimiento potencial e impacto negativo sobre el ambiente.

Bibliografía consultada

- Duval M., E. de Sa Pereira, J. Iglesias, J.A. Galantini. 2014. Efecto de diferentes manejos sobre las fracciones orgánicas en un Argiudol. *Ciencia del Suelo* [32\(1\) 105-115](#).
- Duval M., J.A. Galantini, J.O. Iglesias, H. Krüger. 2013. El cultivo de trigo en la región semiárida bonaerense: Impacto sobre algunas propiedades químicas del suelo. *RIA – INTA* 39 (2) 178-184.
- Fernández R., J.A. Galantini, M.R. Landriscini, A. Marinissen, M. Enrique. 2007. Fertilización con N y S en trigo con distinto antecesor: efecto sobre la nutrición, el rendimiento y la calidad. *Revista Investigaciones Agropecuarias (RIA) – INTA* 36 (2): 29-48.
- Galantini J.A.; R.A. Rosell; A.E. Andriulo; A.M. Miglierina, J.O. Iglesias. 1992. Humification and N mineralization of crop residues in semi-arid Argentina. *Sci. Total Environ.* [117/118, 263-270](#).
- Galantini J.A., J.O. Iglesias, C. Maneiro, L. Santiago, C. Kleine. 2006. Sistemas de labranza en el sudoeste bonaerense. Efectos de largo plazo sobre las fracciones orgánicas y el espacio poroso del suelo. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA – INTA)* 35: 15-30.
- Galantini J.A., M.R. Landriscini, R.A. Rosell. 2000. Patrones de acumulación, balance y partición de nutrientes en diferentes sistemas de producción de trigo. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA-INTA)* 29 (2) 99-110
- Galantini J.A., N. Senesi, G. Brunetti, R. Rosell. 2004. Influence of texture on the nitrogen and sulphur status and organic matter quality and distribution in semiarid Pampean grassland soils. *Geoderma* [123: 143-152](#).
- Galantini J.A., R. Rosell, G. Brunetti, N. Senesi. 2002. Dinámica y calidad de las fracciones orgánicas de un Haplustol durante la rotación trigo-leguminosas. *Ciencia del Suelo* [20\(1\)17-26](#).
- Galantini J.A., R.A. Rosell. 2006. Long-term fertilization effects on soil organic matter quality and dynamics under different production systems in semiarid Pampean soils. *Soil & Tillage Research* 87: 72-79
- Martínez J.M., J.A. Galantini, M.R. Landriscini, F.M. López, M.E. Duval. 2016. Fertilización nitrogenada en la región subhúmeda Bonaerense: Eficiencia del uso del agua y del nitrógeno. *Ciencia del Suelo* 34(1) 81-92.
- Martínez J.M., J.A. Galantini, M.R. Landriscini. 2015. Diagnóstico de fertilidad nitrogenada en el Sudoeste Bonaerense mediante el uso de un clorofilómetro en trigo. *Ciencia del Suelo* 33(1) 31-43.
- Martínez J.M., J.A. Galantini, M. Duval. 2017. Tillage effects on labile pools of soil organic nitrogen in a semi-humid climate of Argentina: A long-term field study. [Soil & Till. Res. 169:71-80](#).
- Martínez J.M., J.A. Galantini, M.E. Duval. 2018. A rapid method for estimating labile carbon and nitrogen pools in Mollisols under no-tillage. *Archives of Agronomy and Soil Science* 64 (9) 1321-1327,
- Martínez J.M., J.A. Galantini, M.R. Landriscini. 2015. Eficiencia en el uso del nitrógeno del trigo en la región semiárida de la provincia de Buenos Aires (Argentina): efectos del momento de aplicación. *Agriscientia* 32 (1) 15-27.
- Rosell R.A., J.A. Galantini, L.G. Suñer. 2000. Long-term crop rotation effects on organic carbon, nitrogen and phosphorus in Haplustoll soil fractions. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 14 (4) 309-316.
- Toledo M., J.A. Galantini, S. Vazquez, E. Ferreccio, S. Arzuaga, L. Giménez. 2013. Indicadores e índices de calidad en suelos rojos bajo sistemas naturales y cultivados. *Ciencia del Suelo* [31\(2\) 201-212](#).